

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



Návrh systému vytápění střední školy

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracoval: Bc. VOJTĚCH POLAN

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Polan</u>	Jméno: <u>Vojtěch</u>	Osobní číslo: <u>476944</u>
Zadávací katedra: <u>K125 - Katedra technických zařízení budov</u>		
Studijní program: <u>Budovy a prostředí</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Budovy a prostředí</u>		

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: <u>Návrh systému vytápění střední školy</u>	
Název diplomové práce anglicky: <u>Design of the heating system in the secondary school</u>	
Pokyny pro vypracování: Projekt vytápění zadané budovy střední školy	
Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, návrh trasy soustavy vytápění, návrh dimenzí rozvodů, základní energetické výpočty. Výkresová část - půdorysy, svislý řez, řešení technické místnosti	
Studie na téma: Tepelné zisky a jejich využití ve školní budově	
Seznam doporučené literatury: Kabele, Karel : TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ BUDOV. Vytápění. ČVUT. Praha 2014. ISBN 978-80-01-05203-7 ČSN EN 12831 -1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3. ČSN EN 12828 A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav. Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.	
Jméno vedoucího diplomové práce: <u>doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.</u>	
Datum zadání diplomové práce: <u>22.9.2022</u>	Termín odevzdání DP v IS KOS: <u>9.1.2023</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
..... Podpis vedoucího práce Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

<i>Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.</i>	
..... Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně za pomoci odborných konzultací a uvedené literatury.

V Praze dne

.....

Vojtěch Polan

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení a pomoc při zpracování této práce.

Obrovské poděkování směřuje také k rodině, která mi vytvořila skvělé podmínky pro studium a plně mě v něm podporuje.

Abstrakt

Obsahem této diplomové práce je vypracovaný projekt návrhu vytápění střední školy, který obsahuje tepelné bilance v jednotlivých místnostech, návrh otopných ploch a výkresovou část. Výkresová část obsahuje půdorysy, schématický řez a řez technické místnosti. Poslední částí je technická zpráva s technickými listy.

Druhou částí diplomové práce je studie na téma Tepelné zisky a jejich využití ve školní budově. Tato studie obsahuje popis a výsledky z dynamického modelu učebny při různých provozech.

Klíčová slova

vytápění, stropní topení, tepelné výpočty, tepelné zisky, školní budova, projektová dokumentace

Abstract

The content of this diploma thesis is a design of heating in high school, which includes heat balances in individual rooms, a design of heating surfaces and a drawing part. The drawing part contains floor plans, a schematic section and a section of the technical room. The last part is a technical report with technical sheets.

The second part of the thesis is a study on the topic of heat gains and their use in the school building. This study includes a description and results from a dynamic classroom model under different operations.

Key words

heating, ceiling heating, thermal calculations, heat gains, school building, project documentation

Obsah studie

1	Úvod.....	8
2	Tepelné zisky.....	9
2.1	Charakteristika	9
2.2	Tepelné zisky od vnějších zdrojů.....	9
2.3	Tepelné zisky od vnitřních zdrojů.....	11
2.3.1	Osoby	11
2.3.2	Svítlidla.....	12
2.3.3	Elektrické spotřebiče	13
3	Dynamický model výpočtu tepelných zisků.....	14
3.1	Modelová učebna.....	14
3.1.1	Popis.....	14
3.1.2	Skladba obvodové stěny a okna	14
3.2	Půdorys.....	15
3.3	Provozní režimy.....	16
3.3.1	Prázdná třída bez vnitřních zisků	16
3.3.2	Klasická výuka – minimální el. vybavení.....	17
3.3.3	Klasická výuka – maximální el. vybavení	18
3.3.4	Počítačová učebna	19
3.3.5	Klasická výuka – mix el. vybavení	20
3.4	Vnitřní tepelné zisky.....	21
3.4.1	Vnitřní vybavení	21
3.4.2	Osoby	21
3.5	Dynamický model učebny – vstupní data	22
3.5.1	Lokalita a klimatické podmínky.....	22

3.5.2	Geometrie modelu.....	22
3.5.3	Konstrukce a výplně otvorů	23
3.5.4	Provozní režimy.....	23
3.6	Dynamický model učebny – výstupní data	25
3.6.1	Obecné informace	25
3.6.2	Posuzovaná data	25
3.7	Výsledky	26
3.7.1	Podrobný souhrnný výstup.....	26
3.7.2	Období: 1 Školní rok (15. srpna - 30. června)	26
3.7.3	Období: Zimní týden od soboty do pátku (11. ledna – 17. ledna).....	26
3.7.4	Období: Letní týden od soboty do pátku (7. června – 13. června).....	27
3.7.5	Závislost vnitřních zisků na vytápění	28
3.7.6	Závislost tepelných zisků na vnitřní průměrnou teplotu	29
3.7.7	Závislost tepelných zisků na vnitřní maximální teplotu.....	29
3.8	Zhodnocení dat	30
3.9	Systém TZB	31
3.9.1	Požadavky	31
3.9.2	Navrhovaný systém.....	31
4	Využití tepelných zisků ve školní budově.....	32
5	Závěr	33
6	Bibliografie	34
7	Seznam obrázků.....	35

1 Úvod

Textovou částí diplomové práce je studie věnující se tepelným ziskům vznikajícím ve školních budovách.

První část práce se věnuje popisu tepelných zisků, kde jsou rozděleny na vnější a vnitřní. Jsou přiblíženy zdroje tepelných zisků, které se vyskytují ve školních budovách.

Druhá část práce se zabývá analýzou modelové školní třídy. Jsou popsány jednotlivé provozní varianty v modelové třídě a jaké tepelné zisky se při provozu produkují. Pro potřeby analýzy byl vytvořen dynamický model třídy, ve kterém jsou simulovány veškeré provozní stavy. V závěru práce je provedeno zhodnocení získaných dat z modelu.

2 Tepelné zisky

2.1 Charakteristika

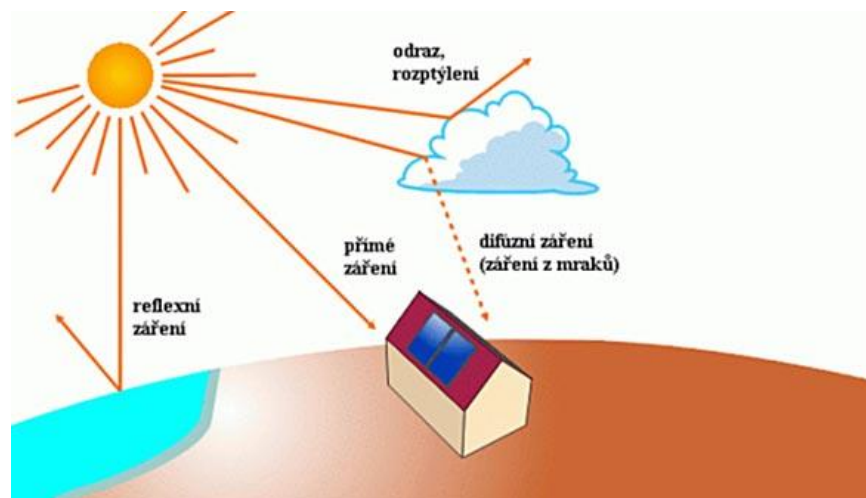
Tepelné zisky se dělí na zisky vnitřní a vnější. Obecně platí, že za tepelný zisk se ve vytápěném prostoru považuje zdroj tepla s teplotou vyšší, než je teplota vzduchu v posuzované místnosti. Tvorba tepelných zisků jsou velmi dynamická, proto se při klasickém návrhu otopné soustavy s tepelnými zisky neuvažuje.

2.2 Tepelné zisky od vnějších zdrojů

Vnější tepelné zisky jsou buď přestupem tepla konstrukcí, pokud se za stěnou posuzovaného prostoru vyskytuje větší teplota než v prostoru posuzovaném. Dalším a asi nejvýraznějším vnějším tepelným ziskem jsou zisky solární, tedy energie získaná ze slunečního záření. (1) (2)

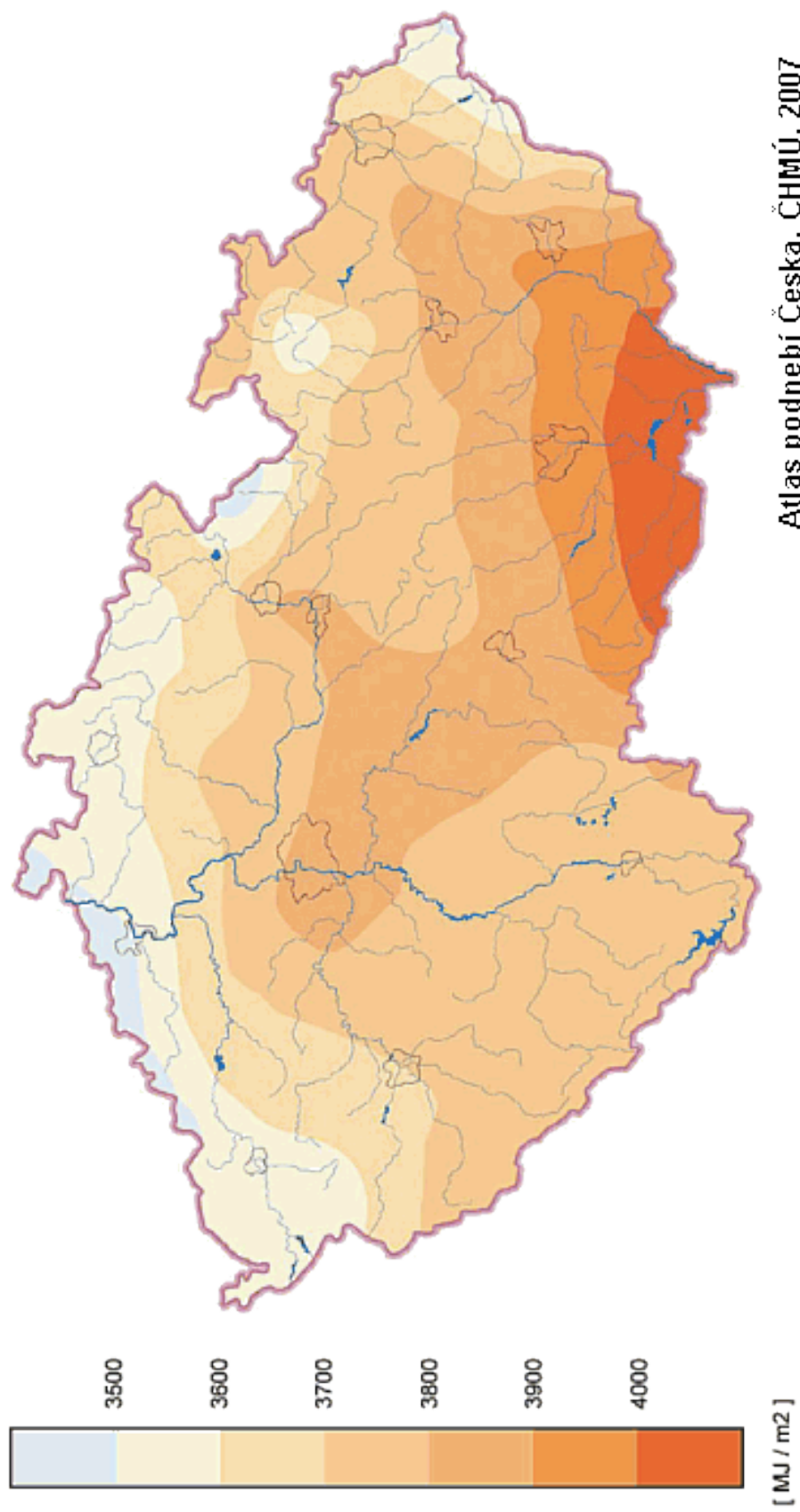
Solární zisky mohou být v zimních měsících velmi prospěšné, protože mohou snížit potřebu energie na vytápění. Na druhou stranu v letních měsících mohou solární zisky způsobit přehřívání objektu. Avšak přehřívání budovy se dá efektivně bránit stínícími prvky na fasádě objektu. (1) (2)

Vliv na množství solárních zisků má orientace budovy, velikost plochy zasklení oken a také fyzikální vlastnosti okna. Použití dvojskel umožní, že větší část sluneční energie projde skrze okno oproti variantě použití trojskla. Ovšem dvojsklo má daleko horší tepelně izolační vlastnosti a objekt má v období, kdy nesvítí do oken přímé sluneční záření, výrazně větší tepelnou ztrátu, kterou musí pokrýt otopná soustava. (3)



Obrázek 1- sluneční záření (4)

PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN GLOBÁLNÍHO ZÁŘENÍ / AVERAGE ANNUAL TOTAL OF GLOBAL RADIATION



Atlas podnebí Česka, ČHMÚ, 2007

Obrázek 2- Průměrný roční úhrn globálního záření (5)

2.3 Tepelné zisky od vnitřních zdrojů

Jedná se o zisky, jejichž zdroj se nachází uvnitř posuzovaného prostoru. Nejčastějším vnitřním zdrojem jsou osoby a elektrická zařízení. Mezi další zdroje patří vodní pára, svítidla, jídlo nebo motory.

2.3.1 Osoby

Mezi zisky od osob započítáváme citelné teplo, které závisí na teplotě v posuzovaném prostoru a činnosti osoby. Čím více fyzicky náročnou činnost osoba vykonává, tím se stává větším zdrojem tepla. (6)

Produkce tepla lidí

činnost člověka	místo činnosti	metabolické teplo [W]	teplota vzduchu					
			21 °C		24 °C		25 °C	
			teplo citelné	vodní pára	teplo citelné	vodní pára	teplo citelné	vodní pára
			[W]	[g/h]	[W]	[g/h]	[W]	[g/h]
sedící, odpočívající	divadlo, kino	115	93	33	74	60	68	70
Sedící, mírně aktivní	kancelář, byt	140	93	70	74	98	68	107
Stojící, lehká práce	obchody, sklady	150	90	89	72	116	66	125
Chodící, přecházející	obchodní domy, banky	160	96	95	77	124	70	134
Náročnější fyzická práce	dílny	240	99	203	79	226	73	234
Mírný tanec		260	116	215	92	250	85	261

*Data jsou získána z normy ČSN 73 0548.

2.3.2 Svítidla

Se svítidly se uvažuje zejména v případech, kdy dochází k jejich používání v době špičkových tepelných zisků a tam, kde není dostatečné osvětlení. Umělé osvětlení se uvažuje u místností jejichž hloubka je od okna více než 5 metrů. Normové hodnoty odpovídají době vzniku normy. Dle normy ČSN 730548 z roku 1985 jsou hodnoty tepelné zátěže v kancelářích nebo učebnách pro zářivky 25 až 35 W/m². Dnes mohou zářivky dosahovat hodnot i pod 15 W/m². Těmito hodnotám se přibližují zejména LED svítidla.

(6) (7)

Doporučené intenzity osvětlení a odpovídající produkce tepla

Pracoviště	Intenzita osvětlení [lx]	Produkce tepla	
		žárovky [W/m ²]	zářivky [w/m ²]
Byty, restaurace divadla	120	20 až 30	7 až 9
Učebny	250	40 až 55	13 až 18
Kanceláře, čítárny, výpočetní střediska	500	75 až 105	25 až 35

**Data jsou získána z normy ČSN 73 0548.*



Obrázek 3- LED svítidlo Lindby (8)

2.3.3 Elektrické spotřebiče

S rostoucím množstvím elektrických spotřebičů roste i tepelná zátěž objektů. Nejvíce dotčené prostory tepelnými zisky od vnitřního elektrického vybavení jsou administrativní prostory a výpočetní centra. Ovšem s rostoucí modernizací školních provozů se množství výpočetní techniky v prostorách školy rapidně zvětšuje. Aby hodnota tepelné zátěže od zařízení byla spočítána správně, potřebujeme stanovit radiační a konvekční tepelný tok. (9)

Většina studií zabývajících se určením velikosti tepelné zátěže pro jednotlivé vnitřní vybavení je z dřívějších dob, a proto nelze brát jejich výsledky za stoprocentně aplikovatelné na dnešní moderní zařízení. Lze konstatovat, že dnešní elektrické spotřebiče mají stále menší výkon, a proto tepelná zátěž od jednotlivých komponentů klesá. Zároveň ale dramaticky roste počet kusů elektrického vybavení, čímž celková bilance tepelné zátěže v objektech narůstá. (9)



Obrázek 4 - počítačová učebna (10)

3 Dynamický model výpočtu tepelných zisků

3.1 Modelová učebna

3.1.1 Popis

Modelová učebna se nachází v prostorech střední školy umístěné v Praze. Natočení fasádní stěny učebny je na jih. V učebně je posuzováno pět provozních stavů. Nejprve bude třída posouzena jako prázdná bez zisků. V druhém případě bude třída naplněna studenty + zahrnutí solárních zisků. Třetí stavu je uvažováno, že v učebně je navíc přidána interaktivní tabule a všichni studenti používají tablety místo sešitů. Ve čtvrtém modelovém případě se v učebně bude konat výuka na počítačích. Poslední případ je namixování použitých elektro spotřebičů z předchozích variant.

3.1.2 Skladba obvodové stěny a okna

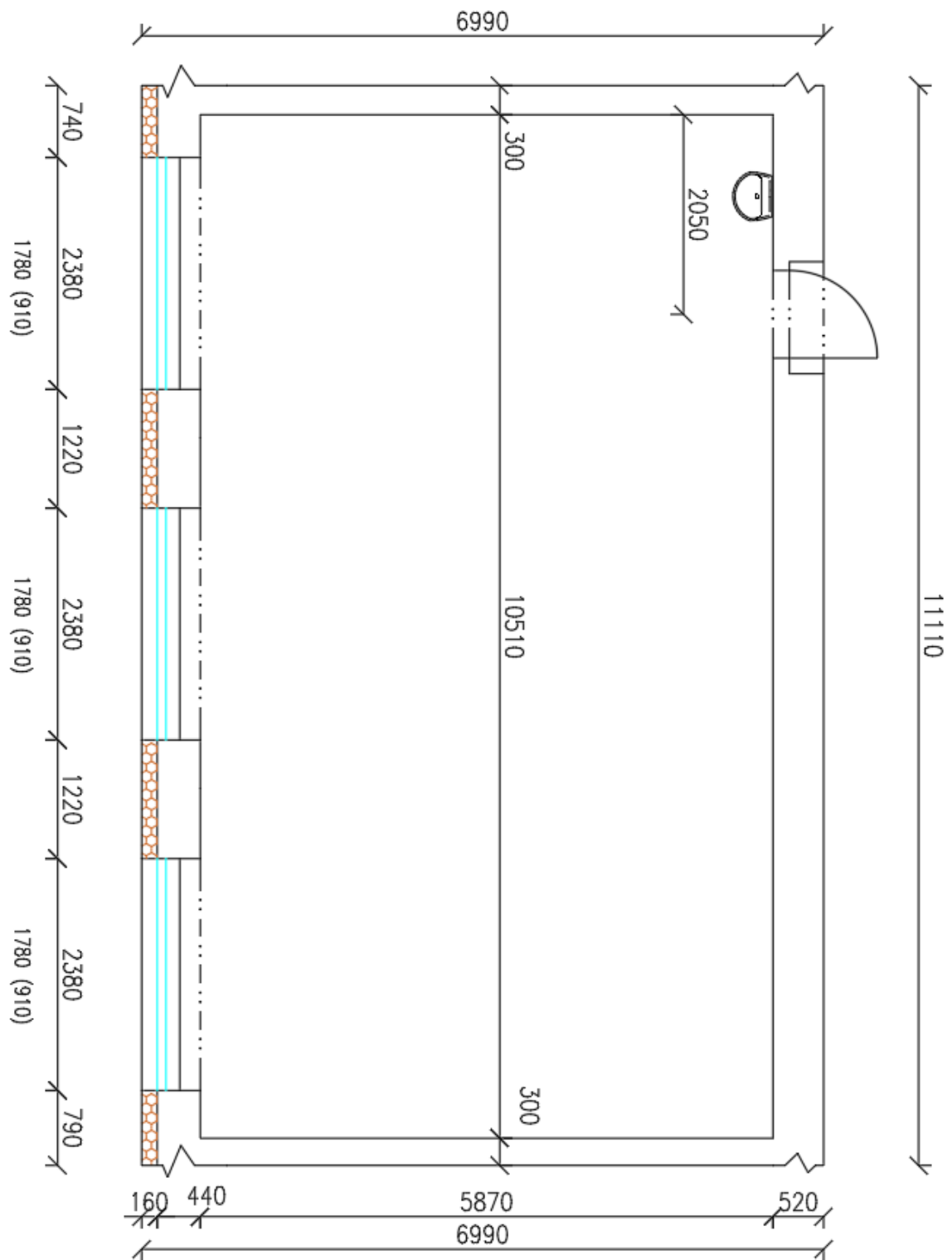
Fasáda (od interiéru)

- Omítka 10 mm
- Zděná obvodová stěna z cihelných bloků Porotherm 440 mm
- Minerální vlna ($\lambda \leq 0,032 \text{ WK-1m-1}$) 160 mm
- Omítka 10 mm

Okno

- Materiál – plast
- Izolační trojsklo
- Plocha zasklení – 0,84
- $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Propustnost slunečního záření – 0,57
- Solární faktor – 0,64
- Činitel odrazu přímého slunečního záření – 0,28
- odrazivost – 0,12

3.2 Pūdorys



3.3 Provozní režimy

3.3.1 Prázdná třída bez vnitřních zisků

Doba provozu

- Od 15. srpna do 30. června
- Pondělí až pátek
- 7:00 – 17:00

Osoby

- 0 studentů
- 0 vyučujících

Vnitřní vybavení

- Žádné

Solární zisky

- Ano

Osvětlení

- Ne

Větrání

- 510 m³/h

Stínící prvky

- Vnitřní žaluzie

3.3.2 Klasická výuka – minimální el. vybavení

Doba provozu

- Od 15. srpna do 30. června
- Pondělí až pátek
- 7:00 – 11:00 ; 13:00 – 17:00

Osoby

- 24 studentů
- 1 vyučujících

Vnitřní vybavení

- Video projektor 1 ks
- Notebook 1 ks

Solární zisky

- Ano

Osvětlení

- Ano

Větrání

- 510 m³/h

Stínící prvky

- Vnitřní žaluzie

3.3.3 Klasická výuka – maximální el. vybavení

Doba provozu

- Od 15. srpna do 30. června
- Pondělí až pátek
- 7:00 - 11:00 ; 13:00 – 17:00

Osoby

- 24 studentů
- 1 vyučujících

Vnitřní vybavení

- Interaktivní tabule 1 ks
- Notebook 25 ks

Solární zisky

- Ano

Osvětlení

- Ano

Větrání

- 510 m³/h

Stínící prvky

- Vnitřní žaluzie

3.3.4 Počítačová učebna

Doba provozu

- Od 15. srpna do 30. června
- Pondělí až pátek
- 8:00 – 11:00 ; 12:00 – 13:00 ; 14:00 – 17:00

Osoby

- 18 studentů
- 1 vyučujících

Vnitřní vybavení

- Video projektor
- Stolní počítač 19 ks
- Monitor 19 ks

Solární zisky

- Ano

Osvětlení

- Ano

Větrání

- 510 m³/h

Stínící prvky

- Vnitřní žaluzie

3.3.5 Klasická výuka – mix el. vybavení

Doba provozu

- Od 15. srpna do 30. června
- Pondělí až pátek
- 7:00 – 11:00 ; 13:00 – 17:00

Osoby

- 24 studentů
- 1 vyučujících

Vnitřní vybavení

- 6 notebook
- 8 tabletu
- Projektor
- Zbytek sešit a tužka

Solární zisky

- Ano

Osvětlení

- Ano

Větrání

- 510 m³/h

Stínící prvky

- Vnitřní žaluzie

3.4 Vnitřní tepelné zisky

3.4.1 Vnitřní vybavení

Pro vnitřní vybavení bylo pro jednotlivé spotřebiče stanoveno množství předaného tepla do prostoru při jeho používání. Hodnoty byly zvoleny podle naměřených údajů z odborných prací. Nebo stanoveny na základě pravidla, že zařízení předá přibližně takové množství tepla, které odpovídá 50 % jeho elektrického příkonu.
(9)

- Video projektor – 100 W
- Tablet – 8 W
- Notebook – 70 W
- Stolní počítač – 60 W
- Monitor – 60 W
- Interaktivní tabule – 110 W

3.4.2 Osoby

- Učitel – 110 W (Chodící, přecházející)
- Student – 95 W (sedící, mírně aktivní)

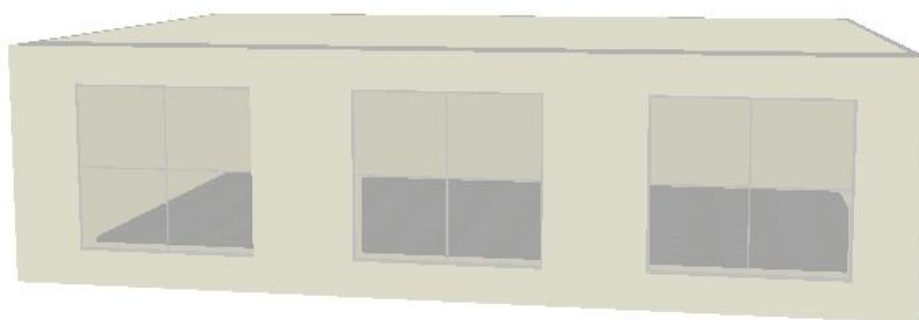
3.5 Dynamický model učebny – vstupní data

3.5.1 Lokalita a klimatické podmínky

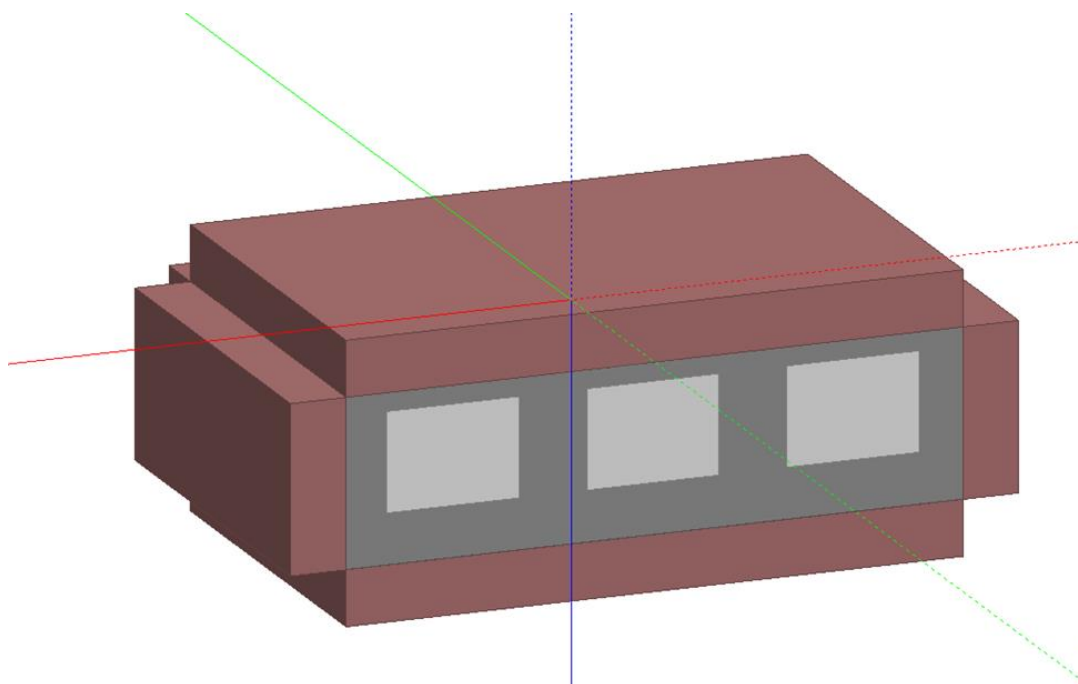
Objekt je umístěn v Praze. Klimatická data jsou vybrána v lokalitě Praha – Libuš.

3.5.2 Geometrie modelu

Model třídy je vytvořený jako samostatná třída, kde všechny vnější strany kromě obvodové stěny jsou v kontaktu s adiabatickými bloky. Tím jsou zanedbány všechny tepelné ztráty nebo zisky skrze plochy navazující na interiér objektu.



Obrázek 5- Dynamický model učebny (11)



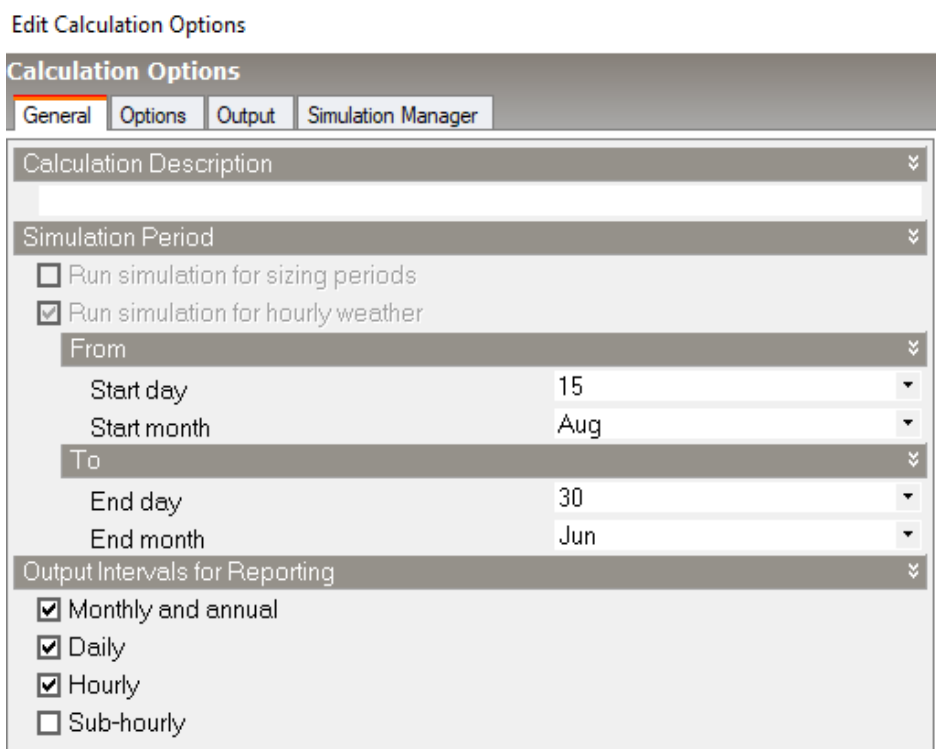
Obrázek 6- Dynamický model učebny (11)

3.5.3 Konstrukce a výplně otvorů

Nejpodrobněji je modelována fasáda, kde je vytvořena skladba obvodové stěny viz. kapitola 3.1.2. Dále jsou podrobně vymodelována okna s trojskly. Součástí modelu je navržen vnitřní stínící prvek. Pro stínění byly zvoleny vnitřní žaluzie, které jsou osazeny na všech oknech.

3.5.4 Provozní režimy

Provozní režim byl upravován na kartě ACTIVITY, kde byl vždy zvolen počet osob, zatížení tepelnými zisky od vnitřního vybavení. Vše se vztahuje k zatížení na hrubou podlahovou plochu posuzovaného prostoru. V rámci každého zadaného údaje byl vytvořen časový rozvrh, aby byl proměnlivý v čase a odpovídal způsobu užívání učebny pro daný modelový stav.



Obrázek 7- Období simulace (11)

Schedules

General

General

Name skola pomucky

Description Building: OFFICE Area: OPEN PLAN OFFICE Equipment schedule

Source UK NCM

Category Offices / Workshop businesses

Region General

Schedule type 2-Compact Schedule

Profiles

Schedule: Compact,
Office_OpenOff_Equip,
Fraction,
Through: 31 Dec,
For: Weekdays SummerDesignDay,
Until: 07:00, 0,
Until: 08:00, 0,
Until: 11:00, 1,
Until: 12:00, 0.05,
Until: 13:00, 1,
Until: 14:00, 0.05,
Until: 17:00, 1,
Until: 24:00, 0,
For: Weekends,
Until: 24:00, 0,
For: Holidays,
Until: 24:00, 0,
For: WinterDesignDay AllOtherDays,
Until: 24:00, 0;

Obrázek 8- Časový rozvrh (11)

Activity Template

Template Generic Office Area

Sector B1 Offices and Workshop businesses

Zone type 1-Standard

Zone multiplier 1

Include zone in thermal calculations

Include zone in Radiance daylighting calculations

Floor Areas and Volumes

Occupancy

Occupancy density (people/m2) 0.2650

Schedule skola obsazenost

Metabolic

Generic Contaminant Generation

DHW

Environmental Control

Heating Setpoint Temperatures

Heating (°C) 22.0

Heating set back (°C) 16.0

Cooling Setpoint Temperatures

Humidity Control

Ventilation Setpoint Temperatures

Minimum Fresh Air

Lighting

Computers

On

Office Equipment

On

Power density (W/m2) 32.83

Schedule skola pomucky

Radiant fraction 0.200

Miscellaneous

Catering

Process

Obrázek 9 - Zadávání vstupních dat (11)

3.6 Dynamický model učebny – výstupní data

3.6.1 Obecné informace

Pro každou variantu byl proveden simulační výpočet, který trval od 15. srpna do 30. června. Průběh simulace měl kopírovat modelový školní rok. Simulace byla provedena v hodinovém kroku. Vznikl soubor 7680hodinových dat pro každou variantu, které popisovali modelovou místnost. Ke každé řádce dat, které popisovali jednotlivé hodiny bylo přiřazeno, jestli se jedná o pracovní den nebo víkend. Díky tomu šlo s daty lépe pracovat.

3.6.2 Posuzovaná data

- Potřeba energie na vytápění [kW]
- Solární zisky [kW]
- Tepelné zisky od vnitřního vybavení [kW]
- Tepelné zisky od osob [kW]
- Vnitřní teplota [°C]

Date/Time	Air Temper...	Radiant Te...	Operative ...	Outside Dr...	External Inf...	External V...	Computer ...	Occupanc...	Solar Gain...	Zone Sens...	Zone Heati...	Mech Vent...
15.08.2002 1:00:00	26,10814	27,8384	26,97327	15,275	-0,5213	0	0	0	0	0	0	0,726274
15.08.2002 2:00:00	25,92278	27,68643	26,8046	14,425	-0,55486	0	0	0	0	0	0	0,728078
15.08.2002 3:00:00	25,76625	27,53053	26,64839	14	-0,568664	0	0	0	0	0	0	0,728754
15.08.2002 4:00:00	25,58307	27,38533	26,4842	12,95	-0,612726	0	0	0	0	0	0	0,730863
15.08.2002 5:00:00	25,34553	27,22071	26,28312	12,15	-0,641721	0	0	0	2,619106E...	0	0	0,7323
15.08.2002 6:00:00	25,32678	27,09293	26,20985	12,75	-0,610829	0	0	0	2,111096E...	0	0	0,73086
15.08.2002 7:00:00	24,10935	27,04891	25,57913	14,275	-0,475385	-1,362607	0	0,7909242	7,221281E...	0	0	2,828059
15.08.2002 8:00:00	25,63718	27,10569	26,37143	14,925	-0,516649	-1,731383	0,5539487	1,589498	0,1615721	0	0	3,152485
15.08.2002 9:00:00	26,25232	27,44477	26,84855	16,5	-0,467465	-1,629457	0,5539487	1,46937	0,2805609	0	0	3,245925
15.08.2002 10:00:00	27,76406	27,93964	27,85185	18,725	-0,429854	-1,498352	0,5539487	1,310662	0,405365	0	0	3,238727
15.08.2002 11:00:00	26,78065	28,28751	27,53408	20,575	-0,293309	-1,022396	2,987999E...	0	0,4843892	0	0	3,207557
15.08.2002 12:00:00	27,53658	28,53437	28,03547	21,75	-0,272074	-0,948375	2,987999E...	0	0,5256319	0	0	3,202773
15.08.2002 13:00:00	29,86655	28,97846	29,4225	21,85	-0,376709	-1,313106	0,5539487	1,042207	0,5102818	0	0	3,225659
15.08.2002 14:00:00	29,8059	29,26825	29,53707	22,7	-0,332999	-1,160742	0,5539487	0,9576244	0,4369553	0	0	3,213309
15.08.2002 15:00:00	29,97448	29,39481	29,68464	23,75	-0,290413	-1,012299	0,5539487	0,9459795	0,3365733	0	0	3,203662
15.08.2002 16:00:00	29,66656	29,45264	29,5596	23,55	-0,285449	-0,994999	0,5539487	0,949627	0,2452993	0	0	3,202563
15.08.2002 17:00:00	28,86604	29,34681	29,10642	23,1	-0,269488	0	0	0	0,1763878	0	0	0,713687
15.08.2002 18:00:00	28,2901	29,1818	28,73595	22,25	-0,283332	0	0	0	8,811182E...	0	0	0,714145
15.08.2002 19:00:00	27,94355	29,00575	28,47465	21,1	-0,322388	0	0	0	2,296707E...	0	0	0,716256
15.08.2002 20:00:00	27,47116	28,83406	28,15261	18,7	-0,416914	0	0	0	0	0	0	0,720947
15.08.2002 21:00:00	26,99923	28,65738	27,8283	15,75	-0,540729	0	0	0	0	0	0	0,727236
15.08.2002 22:00:00	26,69751	28,47107	27,58429	14,475	-0,590237	0	0	0	0	0	0	0,729794

Obrázek 10 - Výstupní data (11)

3.7 Výsledky

3.7.1 Podrobný souhrnný výstup

Celkové výsledné tabulky jsou přiloženy ve formě přílohy práce. V dalších podkapitolách jsou uvedeny pouze části výsledků. Pro zimní období se jedná o potřebu na vytápění a v letním období hodnoty vnitřní teploty.

3.7.2 Období: 1 Školní rok (15. srpna - 30. června)

Typ	Popis	Orientace fasády	Potřeba na vytápění [kW]
Varianta 1	Prázdná třída	Jih	4 784
Varianta 2	Minimální elektronické vnitřní vybavení	Jih	2 623
Varianta 3	Maximální elektronické vnitřní vybavení	Jih	1 663
Varianta 4	Počítačová učebna	Jih	1 834
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	2 297

Typ	Popis	Orientace fasády	Potřeba na vytápění [kW]
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	2 297
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Sever	2 903
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Západ	2 751
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Východ	2 701

3.7.3 Období: Zimní týden od soboty do pátku (11. ledna – 17. ledna)

Typ	Popis	Orientace fasády	Potřeba na vytápění [kW]
Varianta 1	Prázdná třída	Jih	228,8
Varianta 2	Minimální elektronické vnitřní vybavení	Jih	156,3
Varianta 3	Maximální elektronické vnitřní vybavení	Jih	104,5
Varianta 4	Počítačová učebna	Jih	110,8
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	141,4

Typ	Popis	Orientace fasády	Potřeba na vytápění [kW]
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	141,4
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Sever	162,3
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Západ	159,9
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Východ	159,3

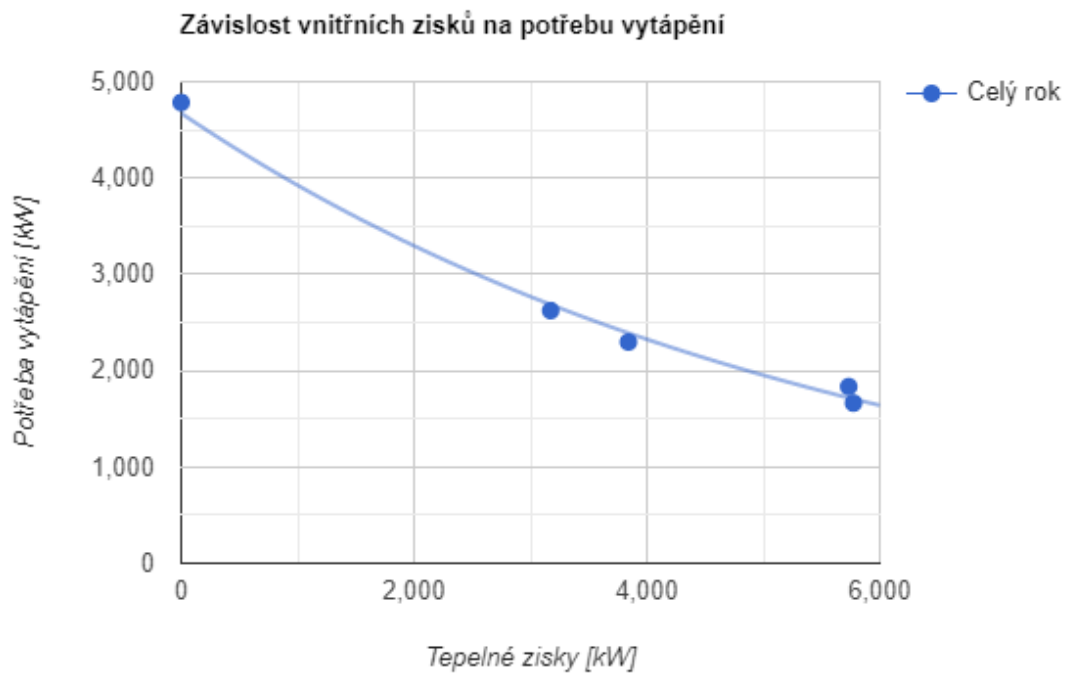
3.7.4 Období: Letní týden od soboty do pátku (7. června – 13. června)

Typ	Popis	Orientace fasády	Průměrná teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]	Maximální teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]
Varianta 1	Prázdná třída	Jih	25,8	29,7
Varianta 2	Minimální elektronické vnitřní vybavení	Jih	27,4	31,9
Varianta 3	Maximální elektronické vnitřní vybavení	Jih	29,6	34,9
Varianta 4	Počítačová učebna	Jih	30,0	35,9
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	28,0	32,7

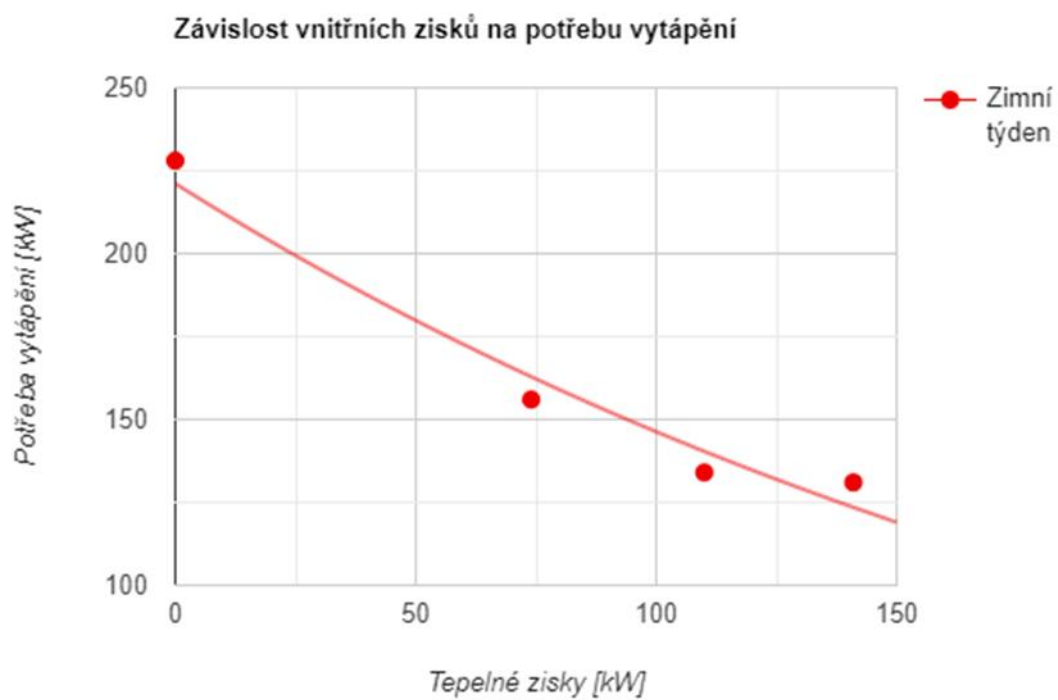
Typ	Popis	Orientace fasády	Průměrná teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]	Maximální teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	28,0	32,7
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Sever	26,8	31,3
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Západ	28,0	34,2
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Východ	28,7	32,9

3.7.5 Závislost vnitřních zisků na vytápění

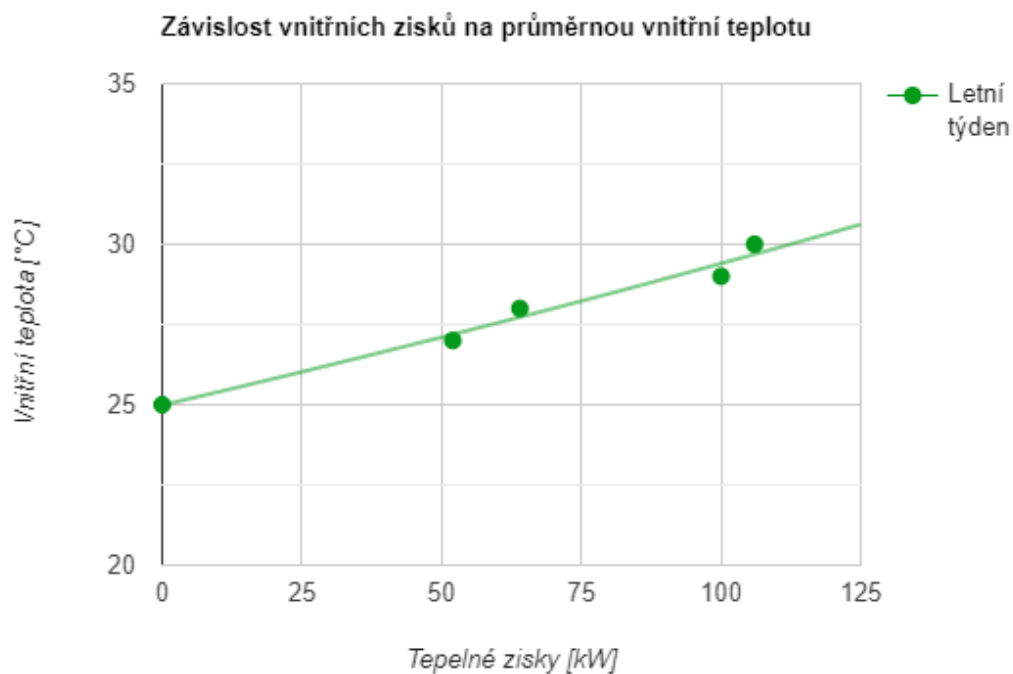
Celý školní rok



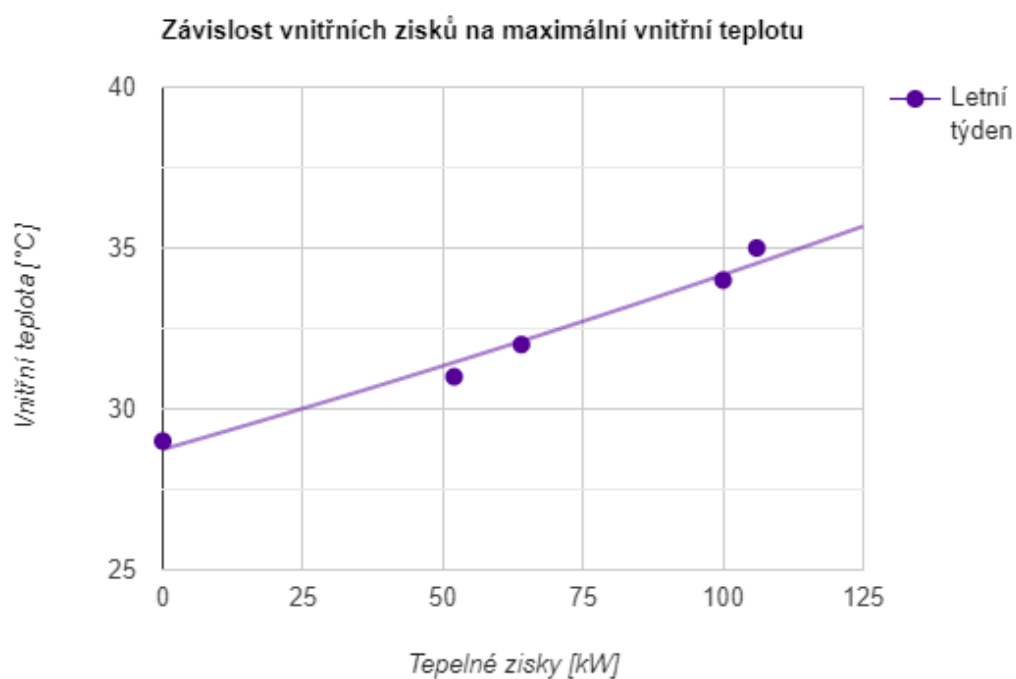
Zimní týden



3.7.6 Závislost tepelných zisků na vnitřní průměrnou teplotu



3.7.7 Závislost tepelných zisků na vnitřní maximální teplotu



3.8 Zhodnocení dat

Z analýzy výsledků plyne, že při rozdílných provozech v učebně jsou podstatné rozdíly vnitřních tepelných zisků. Na solární zisky má vliv orientace fasády vůči světovým stranám. Podle velikosti tepelných zisků se mění potřeba energie na vytápění posuzovaného prostoru.

V letním období dochází vlivem velkých tepelných zisků k přehřívání učebny. V některých případech dochází k takovému přehřátí, že v době výuky přesáhne vnitřní teplota hranici 30 °C. Za takových podmínek by výuka neměla probíhat. Proto by v teplých letních dnech mělo probíhat chlazení školní učebny.

3.9 Systém TZB

3.9.1 Požadavky

Vzhledem k rozmanitosti užívání školní učebny a proměnlivosti počtu studentů na výuce, je potřeba zvolit správnou regulaci otopné/chladicí soustavy, aby udržovala správnou teplotu v místnosti. Vzhledem k vysokým teplotám během slunečných dnů, je zapotřebí učebnu chladit, aby teplota v místnosti byla přijatelná pro výuku. Ovládání celé soustavy by nemělo být příliš složité, aby si s ním poradili i nezaškolení pracovníci školy.

3.9.2 Navrhovaný systém

- Zdroj – Tepelné čerpadlo
- Plošné vytápění/chlazení
- Regulace – Termostaty s teplotními čidly

Navržený systém předpokládá možnost obráceného chodu tepelného čerpadla. Zvolení plošných rozvodů je z důvodu, že jsou velmi vhodné jak pro vytápění, ale zejména i pro chlazení prostoru. Chlazení vzduchem je nevhodné z důvodu velkých pořizovacích nákladů vzhledem k četnosti používání chlazení v prostoru učeben. Velká část dní, kdy je potřeba chladit během roku nastává o letních prázdninách. Proto by byla návratnost pořizování chladicí VZT jednotky velmi dlouhá. Regulace bude pomocí termostatů osazených v každé učebně doplněné o teplotní čidlo. Termostat bude umožňovat nastavit požadovanou teplotu a časový rozvrh, aby vždy byla v době výuky ve třídě správná teplota.

4 Využití tepelných zisků ve školní budově

Využití tepelných zisků ve školních budovách má přínos zejména v otopné sezóně, kdy při maximalizaci tepelných zisků můžeme výrazně snížit potřebu energie na vytápění.

Nejvíce můžeme návrhem budovy ovlivnit množství zisků od slunce. Proto bychom měli dbát na správnou orientaci budovy ke světovým stranám, tak aby prostory zejména učeben, kde jsou nejvyšší požadavky na energii pro vytápění, byli orientováni na jižní, případně jihovýchodní stranu. Dalším faktorem, který může zvýšit množství solárních zisků jsou větší plochy zasklení na příslušných stranách fasády.

Maximalizací solárních zisků v zimních měsících, kdy jsou pro nás pozitivní, docílíme jejich zvýšení i v letních měsících. V tomto období je vnímáme negativně, protože způsobují přehřívání školního objektu. Ovšem tím, že škola je během velké části léta (červenec, srpen) zavřena, převažuje během roku výrazně období, kdy jsou pro nás solární tepelné zisky přínosné. V období vysokých venkovních teplot se proti solárním ziskům a případnému přehřátí prostorů můžeme chránit pasivními stínícími prvky nebo aktivním chlazením školní budovy.

Dalším zdrojem jsou zisky vnitřní, které mají největší zdroj v osobách vyskytujících se ve škole a elektronickém vybavení. Protože při návrhu budovy nejsme u školy schopni určit přesný způsob využití každého prostoru z důvodu velké variability využití jednotlivých učeben, je vhodné navrhovat topný výkon bez zohlednění tepelných zisků, a to včetně slunečních.

Z důvodu velkého rozdílu množství tepelných zisků se bude v čase dynamicky měnit potřeba tepla na vytápění. Proto musíme k návrhu vytápění přistoupit tak, aby se dali jednotlivé prostory dobře regulovat a správně reagovali na požadavky tepla pro vytápění. Při dobré reakci otopného systému na aktuální množství získané energie na vytápění v podobě tepelných zisků, bude docházet ke snížení provozních nákladů na vytápění. To může být do budoucna velmi přínosné zejména při zvyšujících se cenách zdrojů energie. Dalším kladem na využití co nejvyšší míry tepelných zisků je snížení celkového množství spotřebované energie z energetické sítě, čímž přispíváme k šetření přírodních zdrojů na planetě.

5 Závěr

Cílem této studie byla analýza tepelných zisků, které se mohou vyskytovat v prostředí školní budovy. K tomuto účelu posloužilo vytvoření 3D dynamického modelu školní učebny, ve kterém proběhly simulace několika možností provozu.

Množství tepelných zisků, které se v rámci učebny produkuje je závislé na orientaci obvodové stěny ke světovým stranám. Výraznější je ale způsob provozu učebny, kdy prázdná učebna má během roku téměř tři krát větší potřebu tepla na vytápění než stejná místnost, která by během školního roku sloužila jako počítačová učebna.

V období, kdy jsou venkovní teploty vysoké, dochází vlivem tepelných zisků k přehřívání učebny. V některých dnech přesáhne vnitřní teplota 30 °C, a to by znamenalo ukončení výuky.

Proto je nutné řešit v rámci školních budov možnost regulace otopné soustavy, aby reagovala na dynamické požadavky na vytápění. Zároveň se musí v rámci letních dnů řešit vysoké vnitřní teploty, a to buď pasivním nebo aktivním chlazením.

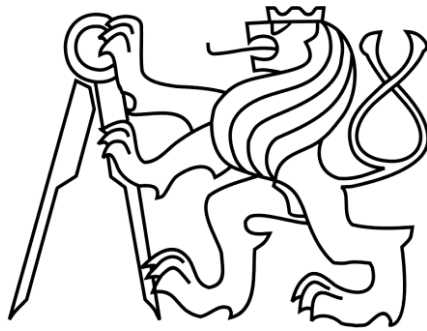
6 Bibliografie

1. **Warmup.** www.warmup.cz. [Online] 2022. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://www.warmup.cz/blog/solarni-zisk>.
2. **Designingbuildings.** www.designingbuildings.co.uk. [Online] 2022. [cit. 2022-12-28] Načteno z https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Solar_gain_in_buildings.
3. **Pks okna.** www.pksokna.cz. [Online] 2022. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://www.pksokna.cz/jak-je-to-s-trojsklem-a-solarnimi-zisky>.
4. **Solar net.** www.calla.cz. [Online] 2022. [cit. 2022-12-28] Načteno z <http://www.calla.cz/cdcalla/html/folie/11.html#>.
5. **Superfrost s.r.o.** www.sufr.cz. [Online] 2007. [cit. 2022-12-28] Načteno z <http://www.sufr.cz/solarni-systemy>.
6. **ČSN 73 0548.** Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů. 1985.
7. **LAIN, Miloš, LIŠKA, Přemysl.** www.tzb-info.cz. [Online] 2007. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/4276-tepelna-zatez-od-umeleho-osvetleni>.
8. **Lindby.** www.svetla24.cz. [Online] 2022. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://www.svetla24.cz>.
9. **DUŠKA, Michal, DRKAL, František a LAIN, Miloš.** www.tzb-info.cz. [Online] 2005. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/2566-tepelne-zisky-z-vnitri-nich-vybaveni-administrativnich-budov>.
10. **Obchodní akademie T. G. Masaryka.** www.oa-jhradec.cz. [Online] 2021. [cit. 2022-12-28] Načteno z www.oa-jhradec.cz.
11. **POLAN, Vojtěch.** Dynamický model. 2022.
12. **tzb-info.cz.** www.tzb-info.cz. [Online] 2006. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/3065-tepelne-zisky-od-vnitri-nich-zdroju>.
13. **Topin.** www.topin.cz. [Online] 2012. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://www.topin.cz/clanky/rizeni-budov-a-vnitri-tepelny-zisk-od-elektroinstalace-detail-9556>.
14. **ČSN EN ISO 52016-1.** Energetická náročnost budov - Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony. 2019.
15. **ZMRHAL, Vladimír.** www.tzb-info.cz. [Online] 2019. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://vetrani.tzb-info.cz/teorie-a-vypocty-vetrani-klimatizace/18622-produkce-tepla-osob-jako-podklad-pro-energeticke-simulacni-vypocty>.
16. **GALAL, Kareem S.** www.sciencedirect.com. [Online] 2019. [cit. 2022-12-28] Načteno z <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016819300596>.

7 Seznam obrázků

OBRÁZEK 1- SLUNEČNÍ ZÁŘENÍ (4)	9
OBRÁZEK 2- PRŮMĚRNÝ ROČNÍ ÚHRN GLOBÁLNÍHO ZÁŘENÍ (5)	10
OBRÁZEK 3- LED SVÍTIDLO LINDBY (8)	12
OBRÁZEK 4 - POČÍTAČOVÁ UČEBNA (10).....	13
OBRÁZEK 5- DYNAMICKÝ MODEL UČEBNY (11)	22
OBRÁZEK 6- DYNAMICKÝ MODEL UČEBNY (11)	22
OBRÁZEK 7- OBDOBÍ SIMULACE (11)	23
OBRÁZEK 8- ČASOVÝ ROZVRH (11).....	24
OBRÁZEK 9 - ZADÁVÁNÍ VSTUPNÍCH DAT (11).....	24
OBRÁZEK 10 - VÝSTUPNÍ DATA (11)	25

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební



Příloha

Souhrnné tabulky dat z modelu

Vypracoval: Bc. VOJTĚCH POLAN

2022/2023

Období: 1 Školní rok (15. srpna - 30. června)

Typ	Popis	Orientace fasády	Zisky od osob [kW]	Zisky od vnitřního vybavení [kW]	Solární zisky [kW]	Potřeba na vytápění [kW]	Počet hodin kdy běží otopná soustava v roce [h]	Hodinová výkon na vytápění větší než 300 W [h]
Varianta 1	Prázdná třída	Jih	0	0	607	4 784	3 724	3 166
Varianta 2	Minimální elektronické vnitřní vybavení	Jih	2 995	179	607	2 623	2 815	2 250
Varianta 3	Maximální elektronické vnitřní vybavení	Jih	2 759	3 014	607	1 663	1 941	1 459
Varianta 4	Počítačová učebna	Jih	1 930	3 804	607	1 834	1 978	1 496
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	2 943	898	607	2 297	2 561	2 014

Typ	Popis	Orientace fasády	Zisky od osob [kW]	Zisky od vnitřního vybavení [kW]	Solární zisky [kW]	Potřeba na vytápění [kW]	Počet hodin kdy běží otopná soustava v roce [h]	Hodinová výkon na vytápění větší než 300 W [h]
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	2 943	898	607	2 297	2 561	2 014
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Sever	3 017	898	486	2 903	3 043	2 497
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Západ	2 970	898	544	2 751	2 892	2 334
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Východ	2 963	898	552	2 701	2 903	2 345

Období: Zimní týden od soboty do pátku (11. ledna - 17. ledna)

Typ	Popis	Orientace fasády	Zisky od osob [kW]	Zisky od vnitřního vybavení [kW]	Solární zisky [kW]	Potřeba na vytápění [kW]	Počet hodin kdy běží otopná soustava v roce [h]	Hodinová výkon na vytápění větší než 300 W [h]
Varianta 1	Prázdná třída	Jih	0,0	0,0	5,6	228,8	157,0	145,0
Varianta 2	Minimální elektronické vnitřní vybavení	Jih	70,5	3,9	5,6	156,3	144,0	126,0
Varianta 3	Maximální elektronické vnitřní vybavení	Jih	68,5	66,1	5,6	104,5	110,0	92,0
Varianta 4	Počítačová učebna	Jih	48,3	83,4	5,6	110,8	111,0	92,0
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	70,2	19,7	5,6	141,4	139,0	122,0

Typ	Popis	Orientace fasády	Zisky od osob [kW]	Zisky od vnitřního vybavení [kW]	Solární zisky [kW]	Potřeba na vytápění [kW]	Počet hodin kdy běží otopná soustava v roce [h]	Hodinová výkon na vytápění větší než 300 W [h]
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	70,2	19,7	5,6	141,4	139,0	122,0
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Sever	70,7	19,7	3,2	162,3	148,0	135,0
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Západ	70,6	19,7	3,5	159,9	147,0	132,0
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Východ	70,7	19,7	3,4	159,3	148,0	132,0

Období: Letní týden od soboty do pátku (7. června - 13. června)

Typ	Popis	Orientace fasády	Zisky od osob [kW]	Zisky od vnitřního vybavení [kW]	Solární zisky [kW]	Průměrná teplota během týdne [°C]	Průměrná teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]	Maximální teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]	Počet hodin v době Po-Pá (7:00-17:00) nad 30 °C [h]
Varianta 1	Prázdná třída	Jih	0,0	0,0	26,3	25,3	25,8	29,7	0
Varianta 2	Minimální elektronické vnitřní vybavení	Jih	48,2	3,9	26,3	26,9	27,4	31,9	9
Varianta 3	Maximální elektronické vnitřní vybavení	Jih	34,7	66,1	26,3	28,9	29,6	34,9	34
Varianta 4	Počítačová učebna	Jih	22,6	83,4	26,3	29,2	30,0	35,9	36
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	44,8	19,7	26,3	27,4	28,0	32,7	17

Typ	Popis	Orientace fasády	Zisky od osob [kW]	Zisky od vnitřního vybavení [kW]	Solární zisky [kW]	Průměrná teplota během týdne [°C]	Průměrná teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]	Maximální teplota v době Po-Pá (7:00-17:00) [°C]	Počet hodin v době Po-Pá (7:00-17:00) nad 30 °C [h]
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Jih	44,8	19,7	26,3	27,4	28,0	32,7	17
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Sever	49,6	19,7	24,2	26,2	26,8	31,3	5
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Západ	44,4	19,7	26,6	27,7	28,0	34,2	15
Varianta 5	Mix elektronického vnitřní vybavení	Východ	41,7	19,7	27,9	28,1	28,7	32,9	31